

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(11) DE 3409657 A1

(51) Int. Cl. 4:
G 02B 21/10

DE 3409657 A1

(21) Aktenzeichen: P 34 09 657.4
(22) Anmeldetag: 16. 3. 84
(43) Offenlegungstag: 19. 9. 85

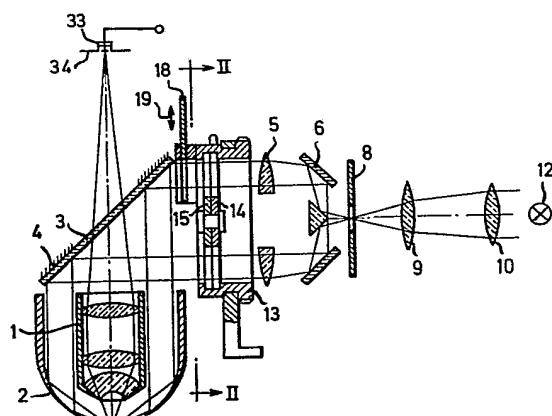
(71) Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, 7920 Heidenheim, DE

(72) Erfinder:
Baurschmidt, Peter, Dr., 7080 Aalen, DE

Schördeneigentum

(54) Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für Mikroskope

Für die mikroskopische Beobachtung und Vermessung von Leiterbahnstrukturen in integrierten Schaltkreisen wird eine modifizierte Auflicht-Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung vorgeschlagen, mit der die Richtung der Beleuchtungsstrahlenbündel azimutal in bezug auf das Objekt definiert einstellbar ist. Dazu ist zwischen der Lichtquelle (12) und dem Objektiv (1) des verwendeten Mikroskops umgebenden, ringförmigen Auflichtkondensator (2) eine Sektorblende (13-15) vorgesehen, die eine kontinuierliche bzw. quasikontinuierliche Ausblendung einzelner Sektoren des ringförmigen Strahlenbündels erlaubt. Durch Ausblendung werden zwei diametral gegenüberliegende Teilstrahlenbündel erzeugt, deren Breite variabel ist und im Sinne einer Optimierung des Signalrauschverhältnisses individuell an das zu untersuchende Objekt angepaßt werden kann.



DE 3409657 A1

Patentansprüche:

1. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für Mikroskope, bei der Teilbereiche des Beleuchtungsstrahlenbündels ausblendbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Lichtquelle (12,32) und dem Kondensor (2) eine Blendeneinrichtung (13-15;23,24;25) vorgesehen ist, die zwei bezüglich der optischen Achse einander gegenüberliegende Strahlbündel mit radial kontinuierlich bzw. quasikontinuierlich einstellbaren Abmessungen erzeugt.
10
2. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Strahlbündel gemeinsam um die optische Achse drehbar sind.
- 15 3. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1-2, dadurch gekennzeichnet, daß eines der beiden Strahlbündel zusätzlich ausblendbar ist.
4. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendeneinrichtung (13) aus zwei gegeneinander verdrehbaren Doppelsektorblenden (14/15) besteht.
20
5. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquelle ein Laser (32) verwendet ist und ein Strahlteiler (27) vorgesehen ist, der den Strahl des Lasers in zwei, jeweils auf Blenden variabler Breite gerichtete Teilstrahlen aufspaltet.
25
6. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß einer der beiden Teilstrahlen ausblendbar ist.
30
7. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlteiler (27) und die beiden Blenden variabler Breite zu einer um die optische Achse drehbaren Baueinheit (31) zusammengefaßt sind.
35

• 2.

8. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendeneinrichtung aus einem in eine Vielzahl von Einzelsektoren (24) aufgeteilten elektrooptischen Schalter (23) besteht.

5

9. Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendeneinrichtung (13;23;25) in einer Auflichtbeleuchtungseinrichtung zwischen dem das Objektiv (1) umgebenden, ringförmigen Auflichtkondensor (2,4) und der Lichtquelle (12;32) angeordnet ist.

10

15

20

25

30

35

3409657

. 3.

5

Firma Carl Zeiss, 7920 Heidenheim (Brenz)

10

15

Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für Mikroskope

20

25

30

35

84012 P

84012 G

- -
• 4.

Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für Mikroskope

Die Erfindung betrifft eine Dunkelfeldbeleuchtungseinrichtung für Mikroskope, bei der Teilbereiche des Beleuchtungsstrahlenbündels ausblendbar
5 sind.

Eine solche Dunkelfeldbeleuchtung ist z.B. in der EP-PS 0011709 beschrieben. Diese bekannte Dunkelfeldbeleuchtung wird in Verbindung mit einem Mikroskop benutzt, das vorzugsweise in der Halbleiterindustrie zur
10 Auffindung, Vermessung und Ausrichtung von Leiterbahnstrukturen in integrierten Schaltkreisen verwendet wird. Für den genannten Anwendungsfall, in dem die zu untersuchenden Strukturen sich im wesentlichen in zwei zueinander rechtwinklige Richtungen erstrecken, bietet eine sektoruelle Dunkelfeldbeleuchtung des Objekts mit bestimmten Vorzugsrichtungen Vor-
15 teile bei der Erkennung der Geometrie der genannten Strukturen.

In der bekannten Einrichtung werden zur Erzielung einer solchen sektoruellen Dunkelfeldbeleuchtung gruppenweise zusammengefaßte Lichtleiterendflächen in einem ringförmigen Bereich innerhalb der durch die Öffnungsblende des Objektivs bestimmten Apertur angeordnet. Dies hat jedoch mehrere Nachteile.
20

Einmal wird durch diesen Lichtleiterzusatz die für die Beobachtung zur Verfügung stehende Apertur des Objektivs beschränkt. Darunter leidet
25 jedoch das Auflösungsvermögen, an das bei fortschreitender Miniaturisierung der Leiterbahnen immer höhere Anforderungen gestellt werden.

Zum anderen ist der Inzidenzwinkel des Beleuchtungslichtes nicht optimal, der im Hinblick auf optimale Beobachtung eher in Richtung auf
30 streifenden Einfall hin vergrößert werden sollte.

Schließlich ist es nicht möglich die Abmessungen des eingestellten Beleuchtungssektors am beobachteten Objekt so zu optimieren, daß sich jeweils das optimale Signal/Rauschverhältnis bei der Detektion der nach-
35 zuweisenden Kanten der Leiterbahnen ergibt.

Die vorstehend genannten Nachteile besitzt auch die Beleuchtungseinrich-

- 2 -
• 5.

tung des aus der DE-PS 31 08 389 bekannten Geräts, das ebenfalls die Dunkelfeldbeleuchtung nur innerhalb eines die Objektivapertur beschränkenden, ringsegmentförmigen Bereiches auszublenden gestattet.

5 Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine sektorische Dunkelbeleuchtung zu schaffen, deren Parameter am zu untersuchenden Objekt individuell optimiert werden können, deren Strahlen unter großem Inzidenzwinkel gegen die optische Achse des Objektivs einfallen und die die Apertur des Beobachtungsobjektivs nicht beschneidet.

10

Diese Aufgabe wird gemäß den im Kennzeichen des Hauptanspruches genannten Merkmalen gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der von den Kanten 15 einer Leiterbahn gestreute Anteil des Lichtes, der mit Hilfe des Objektivs z.B. bei der Leiterbahnbreitenvermessung nachgewiesen wird, nur dann besonders hoch ist, wenn die Einstrahlrichtung senkrecht zur Kante der Leiterbahn verläuft. Strahlbündel, für die diese Bedingung nicht gilt, tragen nur verhältnismäßig wenig zum Nutzlicht bei. Dagegen ist 20 die Störstrahlung, die durch Reflexe an Unebenheiten (Rauhigkeiten oder Defekten der Oberfläche) des Objekts hervorgerufen wird aufgrund ihrer statistischen Verteilung unabhängig vom Azimutwinkel der auftretenden Beleuchtungsstrahlenbündel. Ihre Amplitude hängt in erster Linie von der Oberflächenqualität der zu untersuchenden Probe ab.

25

Durch die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung werden nun zwei einander gegenüberliegende Strahlbündel erzeugt, deren radiale Abmessungen kontinuierlich bzw. quasikontinuierlich einstellbar sind. Damit lassen sich die Sektoren des Beleuchtungsstrahlenbündels, die nur zum Störsignal, nicht jedoch zum Nutzsignal beitragen, individuell im Sinne einer Optimierung des Kontrastes bei visueller Beobachtung bzw. des Signal/Rauschverhältnisses bei photoelektrischem Nachweis der Leiterbahnen ausblenden.

35 Zweckmäßig sind die von der Blendeneinrichtung erzeugten, gegenüberliegenden Strahlbündel gemeinsam um die optische Achse drehbar, was beispielsweise durch eine Drehung der Blendeneinrichtung selbst erfolgen

- 5 -

. 6 .

kann. Damit können die gegenüberliegende Strahlbündel mit ihrer Verbindungsline senkrecht zu den geometrischen Strukturen in der Objektebene eingestellt werden ohne das Objekt zu bewegen.

5 Außerdem ist es vorteilhaft, daß eines der beiden Lichtbündel ganz ausblendbar ist, wenn anstelle von Leiterbahnen mit einer Doppelkante singuläre Kanten beobachtet und vermessen werden sollen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar und werden anhand der Figuren 1-5 der beigefügten Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 1 ist eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

15

Fig. 2 ist eine Aufsicht auf die Blendeneinrichtung (13) aus Fig. 1 in Richtung der optischen Achse der Beleuchtungseinrichtung;

20 Fig. 3 ist die Prinzipskizze einer alternativen Ausführungsform für die Blendeneinrichtung aus Fig. 2;

Fig. 4 ist eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

25 Fig. 5a-c sind Diagramme, in denen aufgetragen ist abhängig vom Azimutwinkel der Beleuchtung, die Intensität

a) des von einer Einzelkante hervorgerufenen Nutzlichtsignals (I_S)

30

b) des von einer Leiterbahn (Doppelkante) hervorgerufenen Nutzlichtsignals (I_S)

c) des zum Rauschen beitragenden Störsignals (I_N) und dessen Integral $\int I_N d\alpha$ aufgrund von Streuung an Oberflächeneffekten.

35 In Fig. 1 ist der Beleuchtungsstrahlengang eines Auflichtmikroskops in seinen wesentlichen Bestandteilen skizziert. Dabei ist mit 2 der das Objektiv 1 umgebende Auflichtkondensor in Form eines konkaven Ringspie-

. 7.

gels bezeichnet, durch den das von dem verspiegelten Kreisring 4 des Dunkelfeldreflektors 3 im Auflichtilluminator eingespiegelte Beleuchtungsstrahlenbündel auf das Objekt fokussiert wird.

5 Beobachtungsseitig befindet sich über den Dunkelfeldreflektor 3 unter anderem eine Meßblende 34 und dahinter angeordnet ein photoelektrischer Detektor 33 zum Nachweis des vom Objektiv 1 erfaßten Lichtes. Die übrigen optischen Elemente des Beobachtungsstrahlenganges wie z.B. mehrere Strahlteiler, Tubusoptik, Okulare etc. sind nicht dargestellt.

10

Der Beleuchtungsstrahlengang enthält weiterhin eine Glühlampe 12, einen Lampenkollektor 9,10 und eine Leuchtfeldblende 8. Daran schließen sich, in Lichtrichtung gesehen, ein kegelförmiger Spiegel 7 und ein ringförmiger Spiegel 6 an, die zusammen eine Spiegeltreppe bilden, in der das 15 kreisförmig begrenzte Beleuchtungsstrahlenbündel verlustfrei an die ringförmige Geometrie des Auflicht-Dunkelfeldkondensors 2 angepaßt wird. Hinter dem Ringspiegel 6 ist ein ringförmige Hilfslinse 5 angeordnet.

Zwischen der Ringlinse 5 und dem Dunkelfeldreflektor 3 im Auflichtilluminator befindet sich eine Blendeneinrichtung 15, mit deren Hilfe zwei bezüglich der optischen Achse des Objektivs 1 einander gegenüberliegende Strahlbündel mit radial kontinuierlich einstellbaren Abmessungen erzeugt werden. Dazu besitzt die Blendeneinrichtung 13, wie Fig. 2 zeigt, zwei über Hebel 16 und 17 gegeneinander verdrehbare Sektorblenden 14 und 15. 25 Diese Sektorblenden decken jeweils zwei Quadranten aus dem ringförmigen Querschnitt des Beleuchtungsstrahlenbündels ab und erlauben somit eine simultane Einstellung der radialen Abmessungen des Querschnitts der gegenüberliegenden Beleuchtungsstrahlenbündel zwischen $\alpha = 0^\circ$ und maximal $\alpha = 90^\circ$.

30

Beide Sektorblenden 15 und 14 können außerdem, wie durch den Pfeil 11 angedeutet ist, gemeinsam um die optische Achse gedreht werden, damit die Verbindungsline der beiden Blendenöffnungen senkrecht zu den Kanten der Strukturen in der Objektebene eingestellt werden kann.

35

Außerdem enthält die Blendeneinrichtung 13 zusätzlich eine weitere, in Richtung des Pfeils 19 einschaltbare Blende 18, mit der einer der beiden

- 8 -
8.

von den Sektorblenden 14 und 15 erzeugten, gegenüberliegenden Strahlbündel völlig ausgeblendet werden kann.

In Fig. 5a ist das Signal I_S aufgetragen, das der Detektor 33 abgibt,
 5 wenn sich eine einzelne Kante im Sehfeld des Objektivs 1 befindet und die beiden Sektorblenden 14 und 15 so gegeneinander verdreht sind, daß nur zwei sehr schmale, nahezu strichförmige Strahlbündel durchgelassen werden, von denen einer durch die eingeschaltete Blende 18 abgeblockt wird. Wird die Blendeneinrichtung 13 gedreht, und ändert sich der Azimu-
 10 talwinkel des auf die Kante einfallenden schmalen Lichtbündels zwischen 0° und 360° , dann durchläuft das von der Kante herrührende Nutzsignal I_S ein Maximum bei 90° , was der Einstrahlung senkrecht in Richtung auf die Stufe der Kante entspricht, und ein Minimum bei 270° , was der Einstrahlung senkrecht über die Stufe der Kante hinweg entspricht.
 15

In Fig. 5b hingegen ist das Signal aufgetragen, das unter sonst gleichen Bedingungen von einer Leiterbahn herröhrt, die als Doppelkante angesehen werden kann. Das Signal dieser Doppelkante besitzt zwei Maxima und zwar jeweils bei Einstrahlung senkrecht in Richtung auf die Abstufung einer
 20 der beiden Kanten der Leiterbahn, d.h. bei 90° und 270° .

Den Signalen I_S nach Fig. 5a und 5b ist ein winkelunabhängiges Störsignal I_N überlagert, das von statistisch verteilten Oberflächendefekten der Probe herröhrt und beispielsweise von der Rauhtiefe des Materials
 25 abhängt (siehe Fig. 5c). Vergrößert man den Querschnitt des Beleuchtungsstrahlenbündels durch Öffnen der Sektorblenden 13/14, dann nimmt das Störsignal proportional zum Winkelbereich des Sektors zu. Das Nutzsignal I_S nimmt jedoch nicht mehr wesentlich zu, wenn die Sektorenbreite des Beleuchtungsstrahlenbündels über den von den gestrichelten Linien in
 30 Fig. 5a und 5b begrenzten Winkelbereich vergrößert wird. Eine Ausblendung desjenigen Beleuchtungsstrahlsektors, der nicht zum Nutzsignal beiträgt, erniedrigt daher die Nachweisgrenze und verbessert damit die Reproduzierbarkeit der Messung von Kantenstrukturen.

35 In Fig. 3 ist eine alternative Ausführungsform für die Blendeneinrich-
 tung 13 in Fig. 1 bzw. Fig. 2 dargestellt. Sie besteht aus einem Träger
 20, auf den aus einer Vielzahl von Einzelsegmenten 24 bestehender, ring-

- - -
9.

förmiger elektrooptischer Schalter 23, beispielsweise in Form einer Flüssigkeitskristallzelle mit einer fächerförmigen Elektrodenanordnung, aufgebracht ist. Die Einzelsegmente 24 des Schalters 23 sind mit den Ausgängen einer Steuerschaltung 21 verbunden und können über eine Ein-
5 gabetastatur von einer Logikeinheit 22 angewählt werden. Der Transmis-
sionsgrad der Einzelsegmente lässt sich entsprechend der angelegten Span-
nung etwa um einen Faktor 50 ändern. Mit einer solchen Blendeneinrich-
tung lassen sich daher mehrere sektorförmige Bereiche des Beleuchtungs-
strahlenbündels mit quasikontinuierlich einstellbarer Breite ausblenden.

10

Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel enthält als Lichtquelle einen Laser 32, dessen Strahl durch einen nachgeschalteten Strahlteiler 27 in zwei Teilstrahlen aufgespalten wird. Nach Reflexion an zwei Um-
lenkspiegeln 26, 29 bzw. 30 fallen die beiden danach parallelversetzt ge-
15 führten Teilstrahlen des Lasers 32 auf eine Sektorblende 25 auf, die
ähnlich wie die Blendeneinrichtung 13 in Fig. 1 aufgebaut ist und eine
kontinuierliche Einstellung der Breite der beiden Strahlbündel erlaubt.

Eine der beiden Strahlbündel ist wieder durch einen Blendenschieber 28
20 ausblendbar, der zwischen der Spiegelfläche 29 des Strahlteilerprismas
27 und dem Umlenkspiegel 26 eingeschoben werden kann.

Die Sektorblende 25, das Strahlteilerprisma 27, die Schaltblende 28 und
die Umlenkspiegel 26 und 30 sind zu einer Baueinheit 31 zusammengefaßt,
25 die um die optische Achse des einfallenden Strahls des Lasers 32 drehbar
ist und anstelle einer herkömmlichen Auflicht-Dunkelfeldbeleuchtung am
Stativ eines Mikroskops oder Mikrophotometers befestigt werden kann.

Mit diesem Zusatz eignet sich das Gerät dann besonders gut zur Beobach-
30 tung und Vermessung von Leiterbahnstrukturen in der Halbleiterindustrie.

• 10 •
- Leerseite -

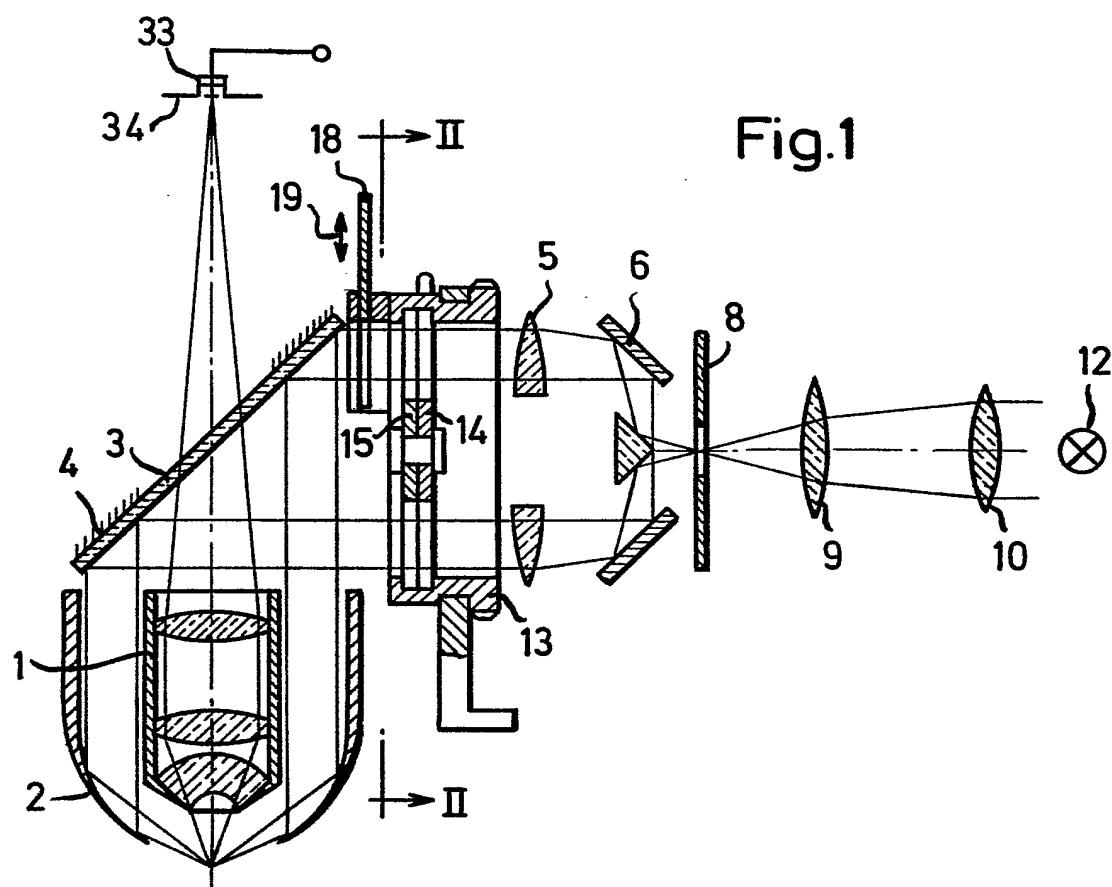
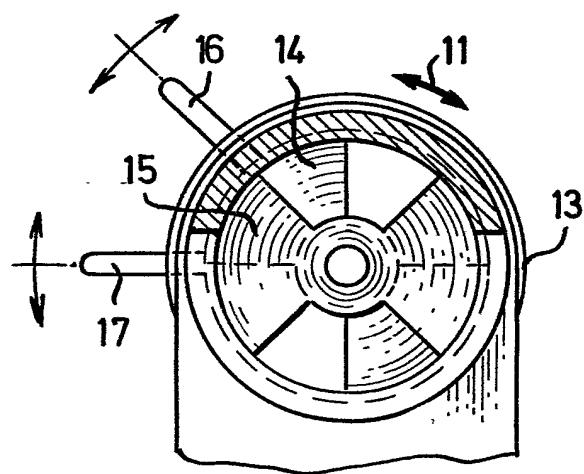


Fig. 1

Fig. 2



- 11 -

Fig.3

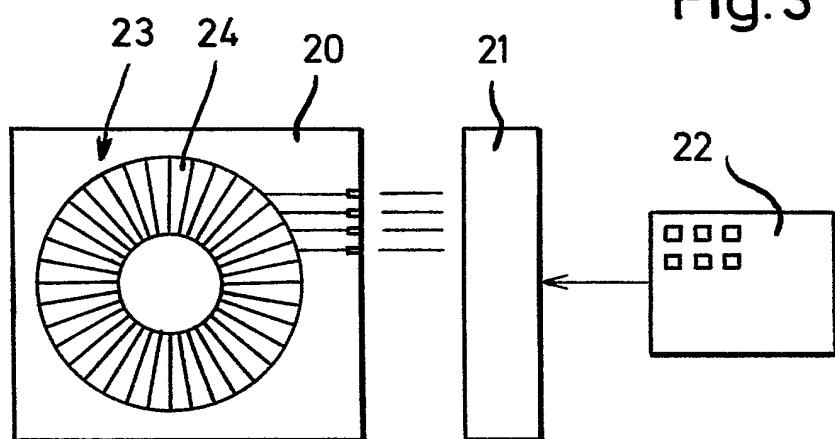
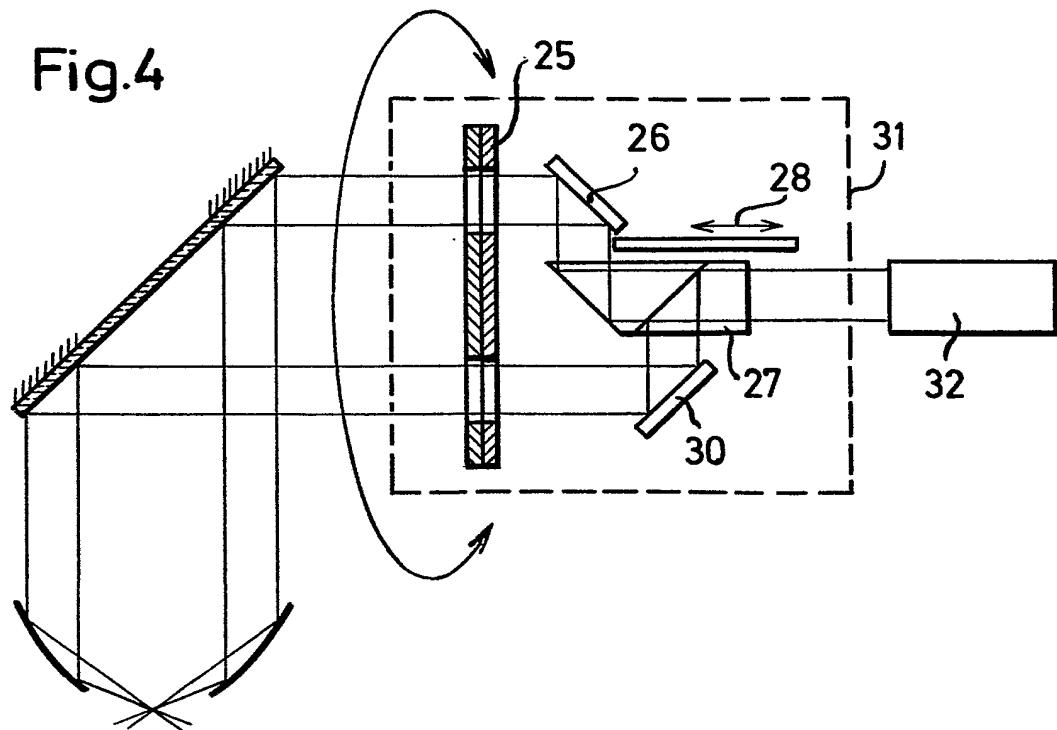


Fig.4



3409657

-12-

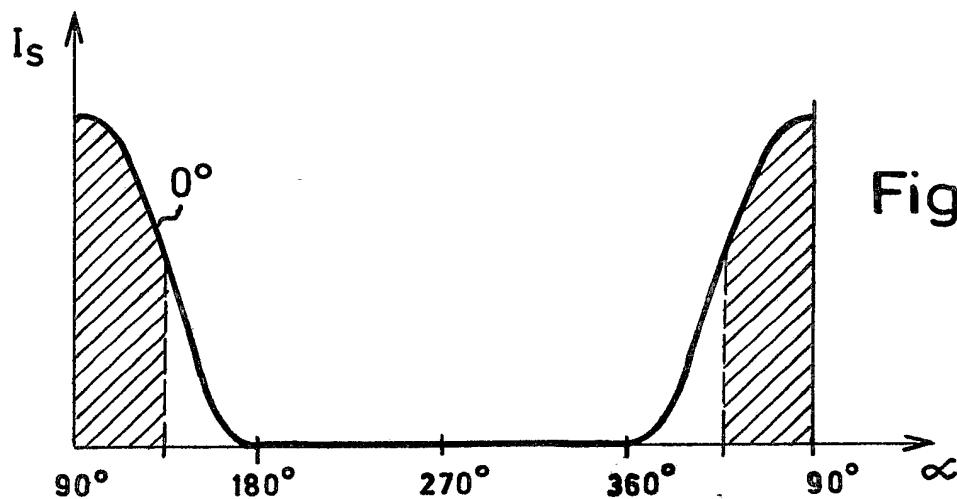


Fig.5a

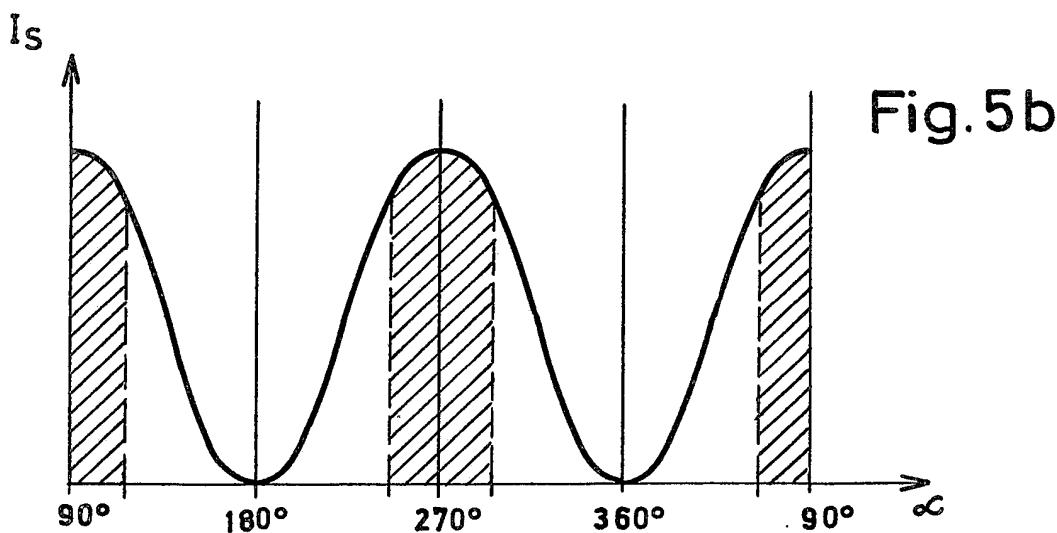


Fig.5b

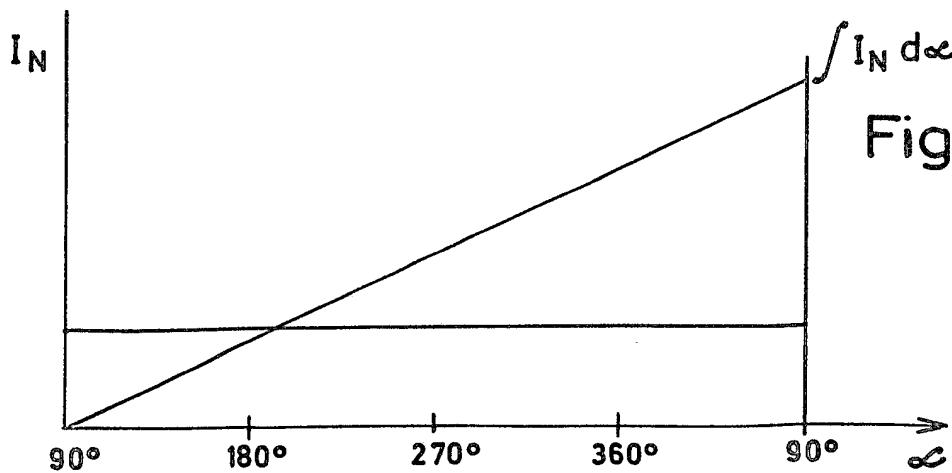


Fig.5c

DERWENT-ACC-NO: 1985-237670

DERWENT-WEEK: 198539

COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Dark field illumination unit for microscopes has aperture control unit with sectored aperture discs to vary angle of lighting incidence

INVENTOR: BAURSCHMID P

PATENT-ASSIGNEE: ZEISS FA CARL [ZEIS]

PRIORITY-DATA: 1984DE-3409657 (March 16, 1984)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
DE 3409657 A	September 19, 1985	DE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL- DATE
DE 3409657A	N/A	1984DE- 3409657	March 16, 1984

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3409657 A

BASIC-ABSTRACT:

The dark field illumination system for a microscope used in integrated circuit examination has an objective lens (1) located within an incident light condenser (2). The lens and condenser system provides focussing of light from a dark field reflector (4).

The illumination source is in the form of a discharge lamp (12) that transmits over lenses (9,10) and a grating (8) onto a cone shaped mirror and a ring shaped mirror (6). Located between a ring lens (5) and the dark field reflector (4) is a variable aperture unit (13). The aperture unit consists of two discs (14,15) with overlapping quadrant apertures that can be varied by relative rotational displacement. By rotating the aperture units the angle of incidence of the light can be adjusted for optimum illumination of the surface.

ADVANTAGE - Allows incidence angle of lighting to be varied over range.

TITLE-TERMS: DARK FIELD ILLUMINATE UNIT
MICROSCOPE APERTURE CONTROL
SECTOR DISC VARY ANGLE LIGHT
INCIDENCE

ADDL-INDEXING-TERMS: INTEGRATE CIRCUIT INSPECT

DERWENT-CLASS: P81 S03 U11

EPI-CODES: S03-E03B1; U11-F01B;